

基于广播中继的自组网组播路由协议改进 (ODMRP-MPR)¹

赵耀、向勇、徐雷鸣、史美林
(北京清华大学计算机科学与技术系 100084)
zyao@csnet4.cs.tsinghua.edu.cn

摘要: ODMRP 协议是一种适用于无线自组网环境的采用 on-demand 方式的组播路由算法。本文提出一种对 ODMRP 协议的改进, 即 ODMRP-MPR 路由协议。该协议继承了 ODMRP 协议对拓扑频繁变化的良好适应性, 并采用广播中继机制 MPR (Multipoint Relay), 优化了组播转发网格并减少了协议开销, 提高了协议对网络规模的可扩展性和吞吐量, 并且提供拥塞控制、有效地解决单向链路问题, 增强了协议的健壮性。通过对 ODMRP-MPR 和 ODMRP 协议的模拟仿真实验比较, 我们验证了 ODMRP-MPR 协议的改进效果。

关键词: 组播; 路由; 自组网; 广播中继; ODMRP 协议

1. 简介

无线自组网是最近涌现出的无线网络, 其特点就是没有固定的基站, 其中所有的节点都能任意地移动, 并且可以采用任意的方式进行动态的连接, 除了无线网络天生的广播特性外最显著的特点就是网络拓扑结构变化频繁和不可预测。此外, 有限的电源储备、较低的带宽、高出错率也是自组网中重要的限制条件, 因此有线网络的那一套协议体系不能够只做点细枝末节的修改就能适应自组网的要求, 从而在自组网的研究中引发了许多新的概念和思想。

随着网络技术和各种新应用的产生, 组播已经成为 Internet 中一个重要的应用, 例如视频会议、数据分发等应用都要求下层组播路由的支持。在无线自组网中, 组播同样有着许多重要的应用, 如灾难恢复、搜索和救援以及自动化战争应用等。

由于无线网的广播特性, 使得自组网中的组播有着独特的优势, 打破了有线网络中组播建立在单播基础之上的定律, 可以独立地更有效地解决组播路由问题。常见的组播协议有 MAODV[6], ADMRP[7], AMRIS[3], AMRoute[4]、ODMRP (On-Demand Multicast Routing Protocol) [9], CAMP[5]等。其中 ODMRP 协议是上述自组网组播协议中性能较好的一个, 具有吞吐量大、适合高速运动等特点 (多种组播协议间性能比较参见[11]、[12])。但 ODMRP 协议利用泛洪控制信息来建立组播转发网格, 协议开销大, 同时未经优化的转发网格冗余数据转发量过大, 从而传输效率不高, 并且难以适应有单向链路的恶劣环境。作者对 ODMRP 协议做了适当的改进, 提出了 ODMRP-MPR (ODMRP with Multipoint Relay) 协议, 保持了 ODMRP 适合高速运动的优点, 并利用 MPR、拥塞控制等技术来优化组播转发网格, 获得低开销、高吞吐量和良好的可扩展性, 并能有效地解决

单向链路问题。

后续部分安排如下, 第 2 部分详细给出了 ODMRP-MPR 协议描述, 并定性地分析了 ODMRP-MPR 协议的协议行为, 第 3 部分描述模拟测试的模拟模型和方法, 第 4 部分是模拟结果比较, 最后在第 5 部分给出简单的小结。

2. ODMRP-MPR 协议

2.1 MPR 机制及算法

MPR 是 Multipoint Relay (广播中继) 的缩写, 采用该机制的目的是使用较少的数据转发开销, 获得与全网泛洪一样的数据传输效果[15]。

网络中每个节点 N 从自己的邻居节点集合中适当选取部分节点构成自己的广播中继集合 MPR_s , 来自节点 N 的泛洪数据, 只有这些邻居 (称为广播中继邻居 $MPR\text{-Neighbor}$) 收到后会进行转播, 其它邻居只作适当处理。同时, 定义节点 N 经过 2 跳而且至少 2 跳才能到达的节点为 N 的两跳邻居。MPR s 的选择算法要保证做到, N 广播的泛洪数据, 经过 N 选择的广播中继邻居转发后, 可以被 N 的所有两跳邻居收到。MPR 的原理就是减少同一个区域内重复广播的数据而获得较小的泛洪开销, 但同时又保持了泛洪的效果。图 1 给出了一个形象的例子。我们把这种采用了 MPR 机制的泛洪方式称为广播中继泛洪 (MPR-Flooding)。下面给出 ODMRP-MPR 中的 MPR s 选择算法。

每个节点都周期性发送 HELLO 消息, 其中包含了自己的邻居列表。每个节点通过收到的邻居节点的 HELLO 消息的邻居列表是否包含自己来判断该链路是否双向链路, 获得自己的双向邻居列表。通过这些 HELLO 消息, 节点 N 同时也可以获得 N 的两跳邻居集合。

¹ 本文受 863 项目(编号: 2002AA123022)和国家自然科学基金项目(批准号: 60273010)资助。

在 OLSR[2]中给出了一种比较复杂和优化的启发式 MPRs 选取算法。我们根据 ODMRP-MPR 协议的具体情况提出了一种简单的并具有高时效性的 MPRs 选取算法。下面以节点 x 为例描述 MPRs 选择算法：

- 1) 节点 x 把所有的双向邻居按最后一次收到它们的数据的时间，分时间段从晚到早排序。同一时间段节点的按照它们的邻居个数从多到少排序。设最后获得序列 $S(x) = \{N_1, N_2, \dots, N_k\}$ ，共 k 个邻居，设 x 的所有 2 跳邻居的集合为 $Q(x)$ 。并设 x 的 MPRs 集合为 $M(x)$ ，初始 $M(x)$ 为空。
- 2) 从序列 $S(x)$ 中选取第一个邻居 N_i ($i \in \{1, 2, \dots, k\}$)，如果这个邻居的邻居中包含了 $Q(x)$ 集合中的某些节点，那么把 N_i 加入到 $M(x)$ 中，并把 N_i 覆盖的 $Q(x)$ 中的节点从 $Q(x)$ 中删除。然后把 N_i 从 $S(x)$ 序列中删除。
- 3) 如果序列 $S(x)$ 为空或者集合 $Q(x)$ 为空，则算法结束，所得的 $M(x)$ 集合即为 MPRs 集合。否则返回 2) 继续进行。

节点 x 的 MPRs 信息同样是在 HELLO 消息中发送出去的，这样当 x 的邻居收到可以标识自己是 x 选定的广播中继邻居 (MPR-Neighbor) 或者非广播中继邻居 (NMPR-Neighbor)。

该算法具有高实效性，适合自组网多变的拓扑。同时这样选取出的 MPRs 使得泛洪数据具有一定的冗余性，也是针对无线网可靠性不高所作的调整。实际上，ODMRP-MPR 协议组播转发网格的特点主要由这个 MPRs 算法所决定。

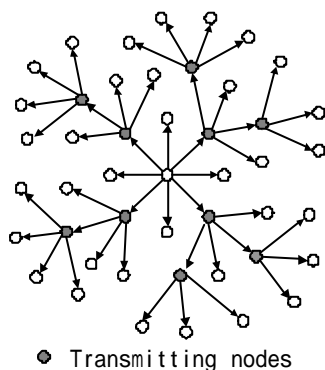


图 1 通过 MPR 的泛洪示例

2.2 组播路由和网格的建立

ODMRP-MPR 协议在网络中建立一个比树结构分支更多的网格(Mesh)来进行数据转发。组播路由网格的建立和更新是由数据发送源触发的。如图 2，任何一个组播源 S 会周期性向全网采用广播中继泛洪方式来发布 JOIN QUERY 消息。JOIN QUERY 消息中包含了一个序列号

(QUERY_SEQ)和转发跳数(HOP_COUNT)，分别用来进行重复包检测和记录消息被转发的跳数。

当某节点 N 从上一跳 F 收到源为 S 的 JOIN QUERY 消息后，它按照适当的单播路由选择算法决定是否更新单播路由表和转发该消息。该算法中通过上一跳 F 是否 N 的双向邻居以及 JOIN QUERY 消息中的 QUERY_SEQ 和 HOP_COUNT 值来选择尽量选取最短最新的双向链路作为到 S 的路由，只有在双向链路无法获得的情况下才选择单向链路。如果节点 N 不是上一跳转发者 F 选定的非广播中继邻居 (包括了选定的广播中继邻居和其它未参与 MPRs 选择的节点)，且该 JOIN QUERY 消息不重复，则重新广播 JOIN QUERY。

当接收者 R 收到 JOIN QUERY 后，就把 S 加到发送者列表中。接收者 R 根据自己的路由表构造 JOIN REPLY 控制包。R 通过单播路由信息获取到达每个源的下一跳路由器的地址，在 JOIN REPLY 中包含组播源和对应的转发上游的地址构成的地址对。R 周期性地广播 JOIN REPLY，邻居节点收到 JOIN REPLY，针对每个组播源 S 察看里面的下一跳是否自己。如果是，则表示它在 S 到 R 的组播转发路径上，在自己路由表中设置 FG_Flag 标志 (即加入转发组)，以后将转发这个组的组播数据，并且对收到的 JOIN REPLY 作修改，把消息中到 S 的下一跳地址设为自己的单播路由表中下一跳地址，然后继续广播 JOIN REPLY 出去 (仅广播自己作为转发者的那部分)。最终 JOIN REPLY 消息会经过一条最短路径到达源 S。这个过程也就建立了源和接收者间的转发组 (Forwarding Group)。

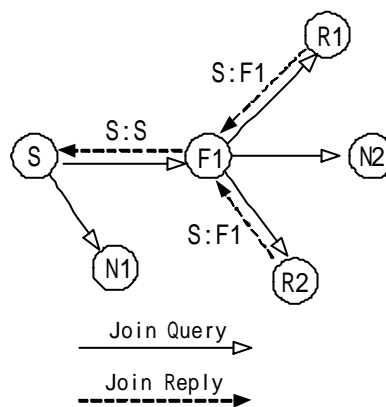


图 2 ODMRP 网格的建立

JOIN REPLY 消息的可靠传输是建立和刷新组播树以及转发组的重要保证，所以 ODMRP-MPR 协议中采用 [14]中提出的被动应答确认机制来提高 JOIN REPLY 的可靠传输，即把下一跳对自己发送的包的转发作为确认应答。当节点发出 JOIN REPLY 在一定时期没有得到应答后，就进行重传 (重传有限次)。当发送源收到 JOIN REPLY

后可能不会继续转发它，所以这时需要进行主动应答 ACK 消息。一个节点发出的 JOIN REPLY 消息可能需要多个下一跳节点进行被动或主动确认，所以当只收到了部分确认而超时重传时重传没有确认的部分。此外，中间转发节点也可能进行主动应答。中间转发节点会针对每个组播源 S 记录最近一次为它转发 JOIN REPLY 的时间。若新来的需要针对 S 转发 JOIN REPLY 的消息到达时间与上一次的间隔时间小于一个阈值，则不进行转发，而进行主动应答。这个过程称为 JOIN REPLY 的抑制。

某个组的所有转发组成员以及它们之间的所有连接构成了一个网格，即该网格是在多个发送节点的 SPT 树基础上扩展而成的。网格结构与树结构的本质区别就在于节点并不关心收到数据包的上游，有着比树结构更多的连接，通过这种冗余性来增强健壮性，从而更加能适应自组网这种拓扑频繁变化的情况。网格主要建立在各个节点选取的 MPR 邻居之上，这使得网格主要集中在一些连通度大的并且稳定的节点上，具有稳定性和高效性。

2.3 拥塞控制

无线网带宽比较有限，非常容易发生拥塞情况。自组网的路由协议本身就适应链路频繁改变的情况，这也恰恰为拥塞控制提供了方便。只要在预测或检测到拥塞后迅速改变路由，就可以避免和解除拥塞。

ODMRP-MPR 协议检测缓冲队列，从队列变化情况预测是否会发生拥塞。预测到拥塞后，暂时不丢弃数据包，但以后转发的 JOIN QUERY 消息都会设置拥塞标识。该标识在以后的转发中也会保留，从而后续转发者和接收者都知道上游某处发生了拥塞。在接收者和转发组成员应答 JOIN REPLY 时，没有发生拥塞的路径具有高优先级，从而转发路径可以绕开拥塞区域。

此外，发生拥塞的节点修改自己所属转发组的超时时间，将超时时间减少为某个特定值，这样在下游改变了 JOIN REPLY 应答路径后能很快消除冗余数据转发。拥塞节点若继续收到 JOIN REPLY 并需要转发，则在转发的 JOIN REPLY 中也设置拥塞标识，使上游了解到下游发生了拥塞。收到带拥塞标识的 JOIN REPLY 的上游也适当修改相应转发组超时时间，从而尽快适应转发路径发生改变的情况。

2.4 发送者停止发送和组成员退出组

ODMRP-MPR 协议采用软状态 (soft state) 维护路由表、发送者列表和转发标识 FG_FLAG。如果经过一段时间后这些表项得不到刷新，就会由定时器触发删除或复位。当组播源 S 要离开组，只需要停止发送 JOIN QUERY 消息，这样在以后接收者的 JOIN REPLY 中就不会再包含

S 的信息，仅仅因为 S 而加入转发组的转发成员也会随着转发标识的超时而停止转发数据。当接收者 R 要离开组，只需要不再广播 JOIN REPLY 消息，这样那些仅仅为了转发给 R 的转发节点的转发标识也会超时而复位，从而相当于 R 退出了组。

2.5 ODMRP-MPR 的定性分析

ODMRP-MPR 协议继承了 ODMRP 协议 On-Demand 和采用网格的主要思想，保留了 ODMRP 协议的许多优点。ODMRP-MPR 采用网格来转发，通过冗余转发增强了数据传送的可靠性和对运动的适应性。网络节点运动性的增强并不会给协议带来额外的开销，因为 ODMRP-MPR 协议不会触发链路断开后的修复控制消息。ODMRP-MPR 协议是基于需求驱动的，并且组播成员关系和转发组的维护都采用软状态 (soft state)。此外 ODMRP-MPR 具有单播能力，可以自己实现单播或者与单播协同工作，并共享 HELLO 消息。

ODMRP-MPR 的改进主要体现在以下几个方面：

- ◇ MPR 选择的主要作用在于优化组播转发网格，JOIN QUERY 和 JOIN REPLY 的转发路径必然通过这些 MPR，而 MPR 的选取算法优选了最新的并且连接度最大的邻居，也就使得组播网格建立在较稳定的骨干节点上。
- ◇ 采用 MPR 来减少周期性泛洪的 JOIN QUERY 消息的开销。网络中组播源越多则越能发挥出 MPR 的作用，适合于大规模的网络环境。虽然同时 ODMRP-MPR 增加了 HELLO 消息的开销，但增加的开销很小，由网络密集程度决定，而与组播组规模无关。
- ◇ ODMRP-MPR 通过拥塞控制，能够有效地预防拥塞或在发生拥塞后改变网格，解除拥塞。
- ◇ OMDRP-MPR 通过避免选择单向链路进行 JOIN REPLY 应答，从而有效地解决单向链路问题。对双向链路的选择是逐段的，只要存在接收者与发送者间的双向路径，ODMRP-MPR 协议就可以逐段选择双向链路来建立组播网格，避开单向链路的影响。
- ◇ ODMRP-MPR 中转发节点通过 JOIN REPLY 的抑制过程，减少了 JOIN REPLY 的开销。

3. 模拟模型和方法

3.1 模拟场景和模拟环境

对 ODMRP 协议和 ODMRP-MPR 协议的模拟实现都采用的是 ns2.1b9[13]。一般采用的场景为 1200m × 1200m 的方形，50 个节点随机分布其中运动。网络中可能暂时性的分裂，网络中节点的平均邻居数为 7.62。在

没有单向链路的场景中每个节点广播范围是 250 米，载波监听范围是 550 米。无线信道速率为 2mbps。传播模型采用的是 Two Ray Ground 模型。MAC 层采用 IEEE 802.11 MAC 协议的 DCF 方式[8]，一种基于 CSMA/CA 的广泛使用的 MAC 协议。

组播源从 50 个节点中随机选择。由 ns2 的 CBR Agent 产生带抖动的速率固定的组播数据流，数据包的大小都为 512 字节。组播接收者在模拟开始时就加入组播组，在整个模拟阶段都不会退出组。每次运行 400 秒，多次结果取平均数。

3.2 组播协议

这里实现了两种组播协议，ODMRP 和 ODMRP-MPR。由于 ODMRP 协议中曾提到了的 JOIN REPLY 的抑制的想法，所以在实现 ODMRP 时也增加了这部分。ODMRP 协议的参数参照 [10] 中设定，ODMRP-MPR 协议是在继承 ODMRP 协议的基础上实现的，所有与 ODMRP 协议相对应的参数设置值都相同。

ODMRP-MPR 特有的参数如下：

HELLO 消息发送周期	3 秒
邻居有效时间	9 秒
MPR 设置有效时间	7.5 秒

表格 1 ODMRP-MPR 特有的协议参数

3.3 度量指标

本文中采用以下指标来比较不同协议的性能，其中一些指标是 IETF MANET 工作组在[1]中所建议的。

- ✧ **传输成功率(Packet Delivery Ratio)**：接收节点实际收到的数据量与接收节点应该接收到的数据量之比，该指标反应了协议的效率。
- ✧ **数据传输效率 (Number of data packets transmitted per data packet delivered)**：即组播数据传输量/接收节点收到的数据量。组播数据包的传输量指网络中所有节点广播的数据包总和，包括组播源发送的和中间节点转发的数据。在同等的传输成功率下，该指标值越小则表明协议的性能越好，组播树或网格效率越高。
- ✧ **协议控制开销(Control Overhead)**：即组播协议的各种控制消息的开销，包括 JOIN QUERY、JOIN REPLY 和 ACK、HELLO 以及总的协议开销。

4. 模拟结果

多组模拟实验将从组播协议的传输性能、运动适应性，可扩展性和对单向链路的解决情况对 ODMRP 和 ODMRP-MPR 协议的性能进行测试和比较。模拟实验重

点考察了不同负载量或组播规模以及在有单向链路的恶劣环境下各协议的性能，而对两者相同的特点只简略介绍。如对高速运动，二者都能很好地适应，协议性能随着运动的加剧并没有明显的下降。

4.1 负载量

实验中，组播组大小固定为 20，节点做低速运动，平均运动速度为 1m/s，最大运动速度为 2m/s。组播发送者的数量固定为 5，网络负载量从 1pkt/s 逐渐增大到 50pkt/s。

实验中除了 ODMRP 和 ODMRP-MPR 协议外，我们增加了纯 Flooding 协议作为对照。图 3 反映了各个协议的数据传输效率指标，其中 ODMRP-MPR 数据传输效率最好，平均为一个接收包大约需要发送(转发)1.45 个数据包，与 ODMRP 平均 1.9 的指标相比，传输效率提高了约 25%。这主要是由于 ODMRP-MPR 中通过 MPR 选择来引导网格的建立，获得稳定并且高效的传输骨干。

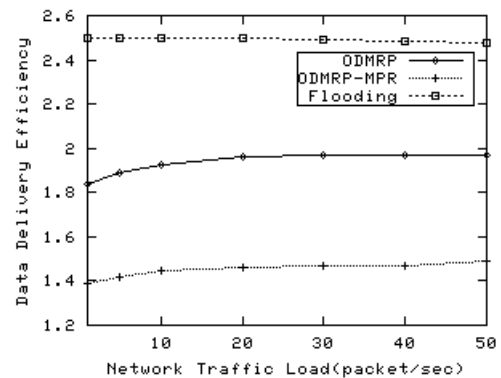


图 3 随负载增加数据传输效率的变化

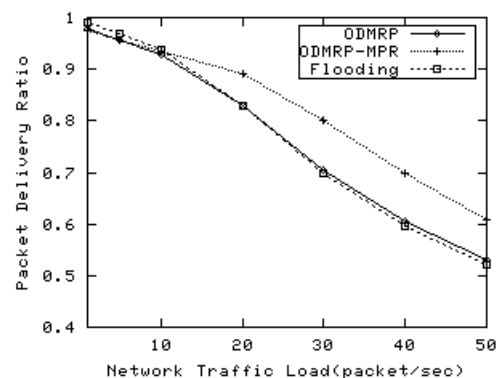


图 4 随负载增加传输成功率的变化

如图 4，随着负载量的增大各协议的传输成功率都有所下降，其中 Flooding 协议下降的最快，这是由于泛洪组播数据造成网络中大量的碰撞和拥塞。ODMRP 协议的性能只比 Flooding 协议略有提高。ODMRP-MPR 在

负载量大的情况下优势明显，传输成功率比 ODMRP 高出了近 10%。这一方面是 ODMRP-MPR 协议采用了拥塞控制，提高了传输成功率；另一方面正如前面提到的 ODMRP-MPR 数据传输效率优于 ODMRP，实际转发的数据包少（冲突少）且有效。

4.2 发送者数量

实验中，组播组大小固定为 20，节点平均运动速度为 1m/s，网络负载量相对适中（20pkt/sec）。组播发送者的数量分别为 1、2、5、10、20。一个发送者的场景例如演讲，20 个发送者的情况例如视频会议。

如图 5，随着发送者数量的增加，两个协议的传输成功率都是逐渐下降，这是因为 JOIN QUERY 和 JOIN REPLY 的开销逐渐增大，网络中转发的组播数据也略有增加（转播组增大），导致网络中冲突增多，所以传输成功率下降。同时由于发送者增多，组播网格分支变多，这些增加的冗余量又有利于提高了包传输率，从而随着组播源数量的增加下降趋势平缓。对比 ODMRP 协议和 ODMRP-MPR，在发送者数量较多（5）时，ODMRP-MPR 的优势十分明显，这一方面是由于 MPR 泛洪大大减少了 JOIN QUERY 的开销，从而减少了带宽占用和冲突；另一方面也是由于优化后的网格配合拥塞控制具有更高的传输效率和成功率。

图 6 反映了 ODMRP 协议和 ODMRP-MPR 协议的开销情况。两个协议的 JOIN QUERY 消息开销基本与发送者数量成线性关系，并且 ODMRP-MPR 协议的 JOIN QUERY 开销量曲线的斜率比 ODMRP 的小很多，这正是选用 MPR 邻居有选择转发的 JOIN QUERY 的效果。由实验数据，可以得出 ODMRP-MPR 的 JOIN QUERY 开销约为 ODMRP 的 0.36 倍。同时，由于 ODMRP-MPR 协议应答 JOIN REPLY 的路径比较稳定、有效，所以它的 JOIN REPLY（这里包括了对 JOIN REPLY 的 ACK 开销）开销也明显低于 ODMRP 协议的。ODMRP-MPR 协议的 HELLO 消息基本保持一个定值，这是因为 HELLO 消息的开销主要由网络的拓扑及其变化情况决定，而与发送者数量没什么关系。

下面考察总的协议开销(如图 6)。随发送者数量的增大，两协议总开销的增加也具有近似的线性关系，并且 ODMRP-MPR 的斜率要比 ODMRP 的小得多(约小了 40%)。若随着网络规模增大，发送者数量进一步增多，则 ODMRP-MPR 协议开销小的优势将会更加显著。这也反映 ODMRP-MPR 协议更适合大规模的网络，具有更好的扩展性。

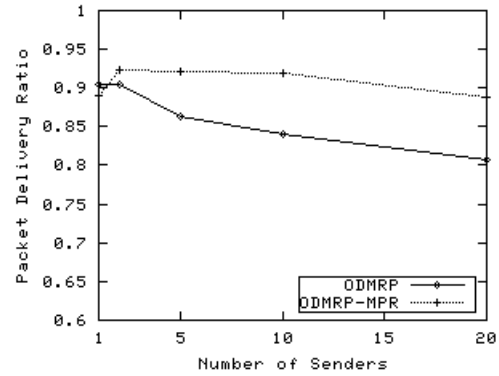


图 5 随着发送者数量变化包传输率的变化

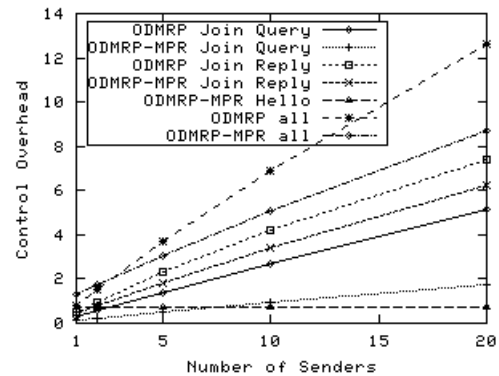


图 6 各种控制消息开销比较

4.3 单向链路情况

实验场景选取的是 1000m × 1000m 的场地，节点做低速运动(平均运动速度为 1m/s)。我们调整了节点的发射功率，使得各节点的传播范围不同，从而场景中存在着单向链路。实验中选择 1 个发送者，组播组大小取值于集合{ 1, 2, 5, 10, 20 }。

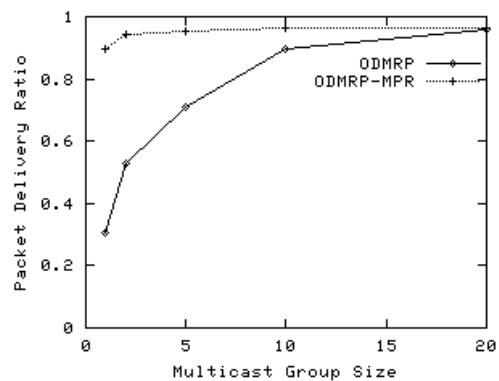


图 7 单向链路情况下 JOIN REPLY 的发送

从图 7 中实验结果可以看出，ODMRP-MPR 协议对单向链路问题的解决非常有效。在接收节点数量很小的时候（例如少于 5 个），ODMRP 协议收到单向链路的影

响严重，无法正常建立网格，传输成功率远远低于 ODMRP-MPR 协议。而 ODMRP-MPR 避开了单向链路后仍可以维护协议的正常运行，保存传输成功率在 90% 以上。而随着组播组大小的增加，冗余的链路弥补了单向链路带来的损失，所以 ODMRP-MPR 协议的优势也就逐渐降低，这也可以在传输率成功率上得到反映。

5. 结论

ODMRP-MPR 协议继承了 ODMRP 基于网格的思想，保留了 ODMRP 的适合高速运动的优点。同时 ODMRP-MPR 通过 MPR 技术和拥塞控制来优化改善网格的结构，提高了网格的传输效率以及健壮性（稳定而且不受单向链路影响），并且降低了协议开销，可以说在传输性能、可扩展性和健壮性方面都有了提升。

References:

- [1] S. Corson and J. Macker, "Mobile Ad Hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations", RFC 2501, January 1999
- [2] T. Clausen, P. Jacquet, A. Laouiti, P. Muhlethaler, a. Qayyum et L. Viennot, Optimized Link State Routing Protocol, IEEE INMIC Pakistan 2001.
- [3] C.W. Wu and Y.C. Tay, "AMRIS: A Multicast Protocol for Ad hoc Wireless Networks", *Proceedings of IEEE Military Communications (MILCOM) conference*, 1999.
- [4] Bommaiah, Ethendranath, and et.al., "AMRoute: Adhoc Multicast Routing Protocol", Internet-Draft, draft-talpage-manet-amroute-00.txt, August 1998
- [5] T. Ballardie, P. Francis and J. Crowcroft, Core Based Trees (CBT) An Architecture for Scalable Inter-Domain Multicast Routing, in: *ACM SIGCOMM '93*, 1993, pp. 85–95.
- [6] Elizabeth M. Royer and Charles E. Perkins, "Multicast Ad hoc On-Demand Distance Vector (MAODV) Routing", Internet-Draft, draft-ietf-manet-maodv-00.txt
- [7] Jorjeta G. Jetcheva and David B. Johnson. "Adaptive Demand-Driven Multicast Routing in Multi-Hop Wireless AdHoc Networks". *Proceedings of the 2001 ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking & Computing (MobiHoc 2001)*, pp. 33-44, ACM, Long Beach, CA, October, 2001.
- [8] IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications, IEEE Standard 802.11, 1997
- [9] S.-J. Lee, W. Su, and M. Gerla, "On-demand multicast routing protocol in Multihop Wireless Mobile Networks", *ACM/Kluwer Mobile Networks and Applications*, 2000.
- [10] Sung-Ju Lee, William Su, and Mario Gerla. "On-demand multicast routing protocol (ODMRP) for ad hoc networks", Internet Draft, draft-ietf-manet-odmrp-02.txt, January 2000.
- [11] S.J. Lee, W. Su, J. Hsu, M. Gerla, and R. Bagrodia. A performance comparison study of ad hoc wireless multicast protocols. *Proceedings of the IEEE Infocom 2000*, March 2000
- [12] Thomas Kunz and Ed Cheng, "Multicasting in ad-hoc networks: Comparing MAODV and ODMRP", *Proceedings of the Workshop on Ad hoc Communications*, Bonn, Germany, September 2001
- [13] The Network Simulator - ns-2, Available from <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [14] J.Jubin and J.D.Tornow, "The DARPA Packet Radio Network Protocol", *Proceedings of the IEEE*, vol.75, no. 1, Jan. 1987, pp.21-32
- [15] A. Laouiti, A. Qayyum et L. Viennot, Multipoint Relaying: An Efficient Technique for Flooding in Mobile Wireless Networks, 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'2002)

On-Demand Multicast Route Protocol with Multipoint Relay (ODMRP-MPR) in Mobile Ad-Hoc Network

Abstract: ODMRP protocol is an on-demand multicast protocol which is well suited for mobile ad-hoc networks(MANETs). This paper presents the On-Demand Multicast Route Protocol with Multipoint Relay (ODMRP-MPR) which bases on ODMRP. ODMRP-MPR inducts multipoint relay technique to reduce the control overhead, optimizes the mesh structure and use congestion control to obtain high scalability and throughput. Besides, it solves the unidirectional link problem of wireless communication well. At the same time, ODMRP-MPR reserves other key merits of ODMRP such as high performance in conditions with frequently changing topology. We evaluate ODMRP-MPR performance with ODMRP for ad hoc networks via extensive and detailed simulation.

Keywords: multicast, mobile ad hoc network, ODMRP, MPR